

AEROPUERTO INTERNACIONAL ROSARIO "ISLAS MALVINAS"

Rehabilitación Integral Pista 02-20 - Balizamiento // CAT III

MEMORIA DE ETAPAS DE PROYECTO

PARTE: Memoria de etapas de proyecto / Materialización por etapas.

CONTENIDO:

1.1	Glosario	4
2.1	Bibliografía de referencia	6
3.1	Metodología de análisis de riesgo	8
4.1	Obrador y caminos de obra	10
4.2	Descripción de las etapas	13
4.3	Verificación giro de 180° en cabecera norte en Etapa 1	16
4.4	Transiciones	18
4.5	Consideraciones de seguridad operacional	19
5.1	Estudios aeronáuticos	26
6.1	Evaluación durante las etapas de cierres parciales de pista	26
6.2	Estudio de las operaciones aeronáuticas	29
6.3	Conclusiones del análisis de riesgos	33
6.4	Medidas de mitigación	33

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 – Aeropuerto Internacional de Rosario	5
Figura 3.1 – Proceso de identificación de peligros y gestión de riesgos.....	10
Figura 3.2 – Matriz de evaluación de los riesgos con clases de prioridad	11
Figura 3.3 – Clasificación del Índice de Riesgo	11
Figura 4.1 – Sector obrador	12
Figura 4.2 – Sector obrador	13
Figura 4.3 – Camino de acceso a obra	14
Figura 4.4 – Caminos de obra.	14
Figura 4.5 – Etapa 1 de obra.	15
Figura 4.6 – Etapa 2 de obra.	16
Figura 4.7 – Etapa 3 de obra.	17
Figura 4.8 – Radios de giro. Airplane Characteristics for Airport Planning B737	18
Figura 4.9 – Detalle de construcción temporaria de rampa de transición	20
Figura 4.10 – B737 NG – TAKEOFF THRUST	22
Figura 4.11 – A320 Takeoff Power -- CFM56 Series Engine	22
Figura 4.12 – A320 Takeoff Power -- IAE V2500 Series Engine.....	23
Figura 4.13 – Límites de zonas en franja para riesgos de carácter temporal	25

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4.1 – Virajes de 180° en la geometría disponible.....	19
---	----

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

El presente informe desarrolla el estudio de etapabilidad de las obras de pista y rodaje Bravo en el Aeropuerto Internacional de Rosario “Islas Malvinas” (AIR). El mismo incluye el análisis y evaluación de la alternativa de intervención por etapas, desde un punto de vista operacional y del análisis de riesgo de las obras.

Figura 1.1 – Aeropuerto Internacional de Rosario. Datos del mapa ©2020 Google, Maxar Technologies



1.1 Glosario

A continuación, se detallan siglas o acrónimos que se utilizarán a lo largo de la documentación, tanto en el cuerpo principal del informe como en anexos u otros documentos asociados.

Por otra parte, al hacer referencia a modelos de aeronaves podrá utilizarse la denominación de fabricante y modelo o la denominación abreviada mediante el designador de aeronaves publicado por OACI en el Documento 8643 “*Designadores de Tipos de Aeronaves*” el cual puede consultarse actualizado en el siguiente sitio web: <https://www.icao.int/publications/DOC8643>.

1.1.1 Entidades

- AIR Aeropuerto Internacional Rosario
- ANAC Administración Nacional de Aviación Civil, Argentina
- FAA Federal Aviation Administration, EEUU
- OACI Organización de Aviación Civil Internacional
- PEESA Proyectos y Estudios Especiales S.A.

1.1.2 Siglas

- AC Advisory Circular; circular de asesoramiento de la FAA
- AD Aeródromo
- AG Aviación General

- AIC Aeronautical Information Circular; Circular de Información Aeronáutica
- AIP Aeronautical Information Publication; Publicación de Información Aeronáutica
- APRON Airport Apron; plataforma de estacionamiento de aeronaves
- CBR California Bearing Ratio
- IFR Instrumental Flight Rules; reglas de vuelo instrumental

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”



- MLW Maximum Landing Weight; peso máximo estructural de aterrizaje de la aeronave
- MTOW Maximum Takeoff Weight; peso máximo estructural de despegue de la aeronave.
- MTW Maximum Taxi Weight; peso máximo estructural de rodaje de la aeronave
- MZFW Maximum Zero Fuel Weight; peso máximo estructural de combustible cero de la aeronave
- OEW Operation Empty Weight; peso de operación vacío de la aeronave
- OMGS Outer Main Gear Wheel Span; Ancho exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal
- PCI Pavement Condition Index; índice de condición del pavimento
- PLD Payload Weight; peso de carga paga de la aeronave
- RESA Runway End Safety Area; Área de seguridad de extremo de pista.
- RVR Runway Visual Range; alcance visual en la pista
- RWY Runway; pista de aterrizaje
- TdR Términos de Referencia
- TOW Takeoff Weight; peso operativo de despegue de la aeronave.
- TWR Tower; torre de control
- TWY Taxiway; calle de rodaje
- UF Usable Fuel; peso de combustible útil de la aeronave
- VFR Visual Flight Rules; reglas de vuelo visual
- VMC Visual Meteorological Conditions; condiciones meteorológicas visuales
- VSR Valor Soporte Relativo

1.1.3 Definiciones

- ACN Aircraft Classification Number; Número de clasificación de la aeronave, relativo al método estandarizado de ACN-PCN de la OACI, número que indica el efecto relativo de una aeronave sobre un pavimento, para determinada resistencia normalizada del terreno de fundación
- Clave Clave de referencia de aeródromos según la clasificación OACI (véase Anexo 14 Ed. 2013, Sección 1.6). Puede hacer referencia al Número de clave (1, 2, 3 o 4), a la Letra de clave (A, B, C, D, E o F) o al conjunto de ambos.
- PCN Pavement Classification Number; Número de clasificación del pavimento, relativo al método estandarizado de ACN-PCN de la OACI, número que indica la resistencia de un pavimento para utilizarlo sin restricciones.
- Peligro Condición u objeto con el potencial de matar, causar lesiones al personal, dañar el equipo o las estructuras, perder material o reducir la capacidad de realizar funciones prescritas.
- Riesgo Probabilidad y gravedad proyectada de la consecuencia o el resultado de una situación o peligro existente.

Capítulo 2 MARCO NORMATIVO

Para todos los casos, se consideró lo especificado en las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC) y la Normativa OACI para cada una de las especialidades y de manera general se tuvo en cuenta los ANEXOS de dicha normativa y las publicaciones específicas de instituciones como IATA y FAA.

Se tendrá en cuenta, particularmente, la siguiente documentación:

- RAAC 153 – 153.241 Emplazamiento de equipo e instalaciones en las zonas de operaciones
- RAAC 154 – Diseño de Aeródromos
- ANAC – Manual de Obras y Servicios de Mantenimiento (MOSM)
- OACI – Anexo 6. Operación de Aeronaves
- OACI – Anexo 14. Volumen 1. Diseño y Operación de Aeródromos
- OACI – Anexo 16. Protección del Medio Ambiente
- OACI – Anexo 19. Gestión de la Seguridad Operacional
- OACI – Documento 9137. Manual de servicios de aeropuertos
- OACI – Documento 9157. Manual de diseño de aeródromos, Tercera Edición – 2006, Capítulo 5.3 – 5.4
- OACI – Documento 9184. Manual de planificación de aeropuertos.
- OACI – Documento 9859. Manual de Gestión de la Seguridad Operacional
- OACI – Documento 9870. Manual sobre la Prevención de Incursiones en la Pista
- OACI – Documento 9981. Procedimientos para Servicios de Navegación Aérea

2.1 Bibliografía de referencia

Para la realización del presente estudio se tuvieron en cuenta otros documentos, normas y recomendaciones nacionales e internacionales, las cuales se listan a continuación y serán referenciadas en el presente documento.

- [1] AIRBUS – A320 Aircraft Characteristics, Airport and Maintenance Planning, Revision No. 34 – Feb 01/18
- [2] BOEING – 737 Airplane Characteristics for Airport Planning, D6-58325-6,2013
- [3] AIRBUS – A330 Aircraft Characteristics, Airport and Maintenance Planning, Revision No. 29 - Jun 01/20
- [4] BOEING – 747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning, D6-58326-1,2011
- [5] BOEING – 777-200LR/-300ER/-Freighter Airplane Characteristics for Airport Planning, D6-58329-2, 2011
- [6] FAA – AC 150/5320-5D. Airport Drainage Design

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

- [7] FAA – AC 150/5320-6F. Airport Pavement Design and Evaluation
- [8] FAA – AC 150/5370-10H. Standards for Specifying Construction of Airports
- [9] FAA – AC 150/5370-13A. Off-Peak Construction of Airport Pavements Using Hot-Mix Asphalt.
- [1] FAA AC 150/5370-16. Rapid Construction of Rigid (Portland Cement Concrete) Airfield Pavements.

Capítulo 3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Para la evaluación de las obras de rehabilitación por etapas, debido a que la pista se encontrará operativa, se realiza un análisis de factibilidad técnica considerando el cumplimiento de los estándares de seguridad operacional. Para tal fin se realiza un análisis de riesgo mediante un método estandarizado de identificación de peligros, evaluación y mitigación de riesgos para cada peligro identificado de acuerdo con los lineamientos de OACI y ANAC.

3.1 Metodología de análisis de riesgo

El análisis de riesgo se realiza siguiendo lo establecido en la RAAC Parte 153 “Operación de Aeródromos”, en el “Manual de obras y servicios de mantenimiento” (MOSM) año 2019 de la ANAC y la CT N°153.001 (Resolución ANAC N°141/2019). El procedimiento definido por el manual establece evaluación de cada peligro identificado y la valoración del riesgo para luego determinar las medidas de mitigación acordes al nivel de gravedad del riesgo.

El procedimiento definido por el manual establece determinar para cada peligro identificado la probabilidad de ocurrencia y la severidad. Una vez realizada la evaluación anterior y en función a la probabilidad de ocurrencia y la severidad, se valora el Índice de Riesgo el cual determinará las medidas de mitigación necesarias.

Figura 3.1 – Proceso de identificación de peligros y gestión de riesgos. Fuente



La determinación del índice de riesgo se realiza por medio de la matriz de nivel de riesgo, localizando la celda en la que convergen los códigos de gravedad y probabilidad. El nivel de riesgo

corresponderá al color de la celda mostrada en la matriz. En la Figura 3.2 se muestran la valoración del Índice de Riesgo extraída del Manual de RAAC parte 153.

Figura 3.2 – Matriz de evaluación de los riesgos con clases de prioridad. Fuente: RAAC Parte 153

Probabilidad		MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS				
Frecuente	5	INTOLERABLES				
Razonablemente probable	4					
Remota	3			TOLERABLES		
Sumamente remota	2					
Sumamente improbable	1					ACEPTABLES
Gravedad		A Catastrófica	B Peligrosa	C Importante	D Menor	E Sin importancia

De esta forma se determina la tolerabilidad del riesgo en la evaluación de riesgos para la clasificación de los mismos.

La siguiente tabla de la Figura 3.3 muestra la clasificación del Índice de Riesgo la cual se realiza en tres niveles: aceptable, tolerable e intolerable. De acuerdo a la clasificación del riesgo se puede determinar el nivel de tolerancia, lo cual determinará las acciones a seguir mediante las medidas de mitigación.

Figura 3.3 – Clasificación del Índice de Riesgo.

Nivel de Riesgo	Descripción del riesgo	Índice de riesgo	Medida recomendada
Alto	Región intolerable	5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	Tomar medidas inmediatas para mitigar el riesgo o suspender la actividad. Realizar la mitigación de riesgos prioritaria para garantizar que haya controles preventivos o adicionales o mejorados para reducir el índice de riesgos al rango tolerable
Medio	Región tolerable	5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	Puede tolerarse sobre la base de la mitigación de riesgos de seguridad operacional. Puede necesitar una decisión de gestión para aceptar el riesgo
Bajo	Región aceptable	3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E,	Aceptable. No se necesita una mitigación de riesgos posterior.

3.3.15. En las plantas de almacenamiento y despacho de hidrocarburos de cualquier tipo, deberá cumplimentarse con lo establecido en las Leyes 13.660 y 19587 y sus respectivas reglamentaciones, además de lo siguiente:

3.3.15.1. Hasta 400.000 litros la distancia mínima será de 50 metros.

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

Capítulo 4 ETAPABILIDAD PROPUESTA

La obra se propone en tres etapas con cierres parciales de pista y rodajes. Dos de las etapas involucran desplazamiento de umbrales, y la restante, implica el cierre temporal del aeropuerto para la obra en el sector central.

En cada una de estas tres etapas se realizarán obras de reconstrucción de pista y márgenes, identificación de franjas y balizamiento en los sectores adyacentes. Respecto al balizamiento se realizarán tareas de bypass junto con los desplazamientos de umbral, y habilitaciones parciales de los equipos instalados a medida que se vaya habilitando cada sector pavimentado.

A continuación, se describen las distintas etapas y tareas necesarias para realizar las obras de intervención tanto en la pista principal como en el rodaje.

4.1 Obrador y caminos de obra

4.1.1 Ubicación obrador

El obrador se instalará en el sector norte, próximo a la nueva planta de combustible, mismo sector utilizado para la obra de reconstrucción de plataforma y rodajes del año 2018. Dicho sector cuenta con excelente acceso desde la Av. Jorge Newbery, áreas niveladas para acopios y un acceso directo al lado aire a través del cerco perimetral. Se requerirá de la construcción de un camino de acceso desde el obrador hasta el camino perimetral existente.

Figura 4.1 – Sector obrador. Datos del mapa ©2020 Google, Maxar Technologies



La ubicación del obrador guarda una distancia suficiente respecto a los tanques de la planta de combustible de YPF según lo requerido por la Resolución ORSNA N°58/06:

La planta cuenta con 3 tanques de combustible JP1 de 100 m³ cada uno y las bases para instalar hasta 3 tanques de AVGAS de 25 m³ cada uno, es decir un total actualmente de 300.000

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

litros de combustible JP1 y a futuro de 375.000 litros entre ambos tipos de combustible¹. El cerco del perímetro de lado aire donde se encontraría el límite del obrador se encuentran a una distancia de 90 metros de los tanques de JP1 y 60 metros de los futuros tanques de AVGAS.

Figura 4.2 – Sector obrador. Datos del mapa ©2020 Google, Maxar Technologies



¹ Se consideró la información de la memoria descriptiva “645042-15-RO-BG-MD-001” del proyecto de la planta y el plano “645042-15-RO-BC-PL-102”. En el proyecto se considera una reserva de espacio para la instalación de dos tanques adicionales de JP1 con 200 m3 de capacidad cada uno, pero al momento de la presente evaluación no se cuenta con información respecto a su ejecución, y seguramente durante la obralos mismos no se encontrarán construidos.

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

4.1.2 Acceso a obra

El acceso a la obra se realizará a través del obrador, ingresando al predio aeroportuario desde la Av. Jorge Newbery por el denominado acceso Desarrollo Norte 1º Etapa (DN1ºE) como se indica en la siguiente figura. El camino desde la avenida hasta el obrador deberá ser mejorado para permitir un tránsito seguro y continuo de los camiones de transporte de equipos y materiales.



Figura 4.3 – Camino de acceso a obra. Datos del mapa ©2020 Google, Maxar Technologies

4.1.3 Caminos de obra

Durante las distintas etapas de obra solo se podrá circular desde el obrador hacia la pista por el camino perimetral, en sentido hacia el norte. No se autorizará la circulación de los vehículos de obra hacia el sur, para evitar el acceso al área operativa de plataforma. Por tal motivo deberá mejorarse y mantenerse operativo en todo momento el camino perimetral para servir como camino de obra sin interrupciones de ningún tipo. La siguiente figura muestra el sector de camino perimetral habilitado para la obra el cual deberá ser mejorado por la Contratista en aquellos sectores que sea necesario.

Figura 4.4 – Caminos de obra. Datos del mapa ©2020 Google



4.2 Descripción de las etapas

4.2.1 Etapa 1: desplazamiento de umbral norte de 1.000 metros

Se realiza el desplazamiento provisorio de umbral 20 en 1.000 metros hacia el sur, y se implementa una distancia libre de obstáculos de 250 metros previo al umbral. Como resultado se cuenta con un sector de obra de 750 metros de longitud, en el lado norte de la pista. Las obras de pavimentos deberán ejecutarse hasta una distancia de 300 metros del umbral, dejando los otros 50 metros como una zona de maniobras para los equipos.

La gestión del cambio, previo al comienzo de las tareas de obra de esta etapa, debe incluir la planificación de la modificación de la pintura de pista para implementar el umbral desplazado, así como el ajuste del balizamiento con un bypass que deje desafectado los primeros 1.000 metros de luces.

Figura 4.5 – Etapa 1 de obra. Datos del mapa ©2020 Google, Maxar Technologies



“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

Las operaciones aéreas se limitan a aeronaves hasta letra de clave C, en una pista de 2.000 metros de longitud. El acceso a la pista se realiza por los rodajes Alfa y Bravo. Los despegues por cabecera 20 desplazada se realizarán mediante un viraje de 180° sobre la pista, al igual que el viraje de los aterrizajes que se realicen por cabecera 02. El giro podrá realizarse parcialmente en el sector libre de obstáculos con el objetivo de dejar la aeronave posicionada sobre el umbral y conseguir contar con la mayor distancia de carrera de despegue. Las aeronaves LC C pueden realizar el giro de 180° sobre el ancho de pista existente de 45 metros, no siendo necesaria ninguna obra complementaria para posibilitar la maniobra.

Dentro de esta etapa de obra se realiza la reconstrucción de la pista, la rehabilitación de márgenes de pista, la instalación del nuevo balizamiento y la identificación de franjas.

Para el acceso a la obra se construye un camino desde el obrador hasta el camino perimetral existente de 210 metros de longitud.

4.2.2 Etapa 2: desplazamiento de umbral sur de 1000 metros, obras en calles de rodaje Alfa, Echo y Delta, y en plataformas Sur y Comercial

La gestión del cambio al finalizar la Etapa 1 incluye la demarcación del umbral 20, la conexión del balizamiento de borde de pista ejecutado en la etapa anterior y el bypass que deje desafectado los primeros 1.000 metros de luces de la cabecera 02.

Posteriormente se realiza el desplazamiento provisorio del umbral 02 en 1.000 metros hacia el norte junto con puntos de visada provisorios para ambas cabeceras de pista, y se implementa una distancia libre de obstáculos de 250 metros previo al umbral. Como resultado se cuenta con un sector de obra de 750 metros de longitud, en el lado sur de la pista. Las obras de pavimentos deberán ejecutarse hasta una distancia de 300 metros del umbral, dejando los otros 50 metros como una zona de maniobras para los equipos.

Figura 4.6 – Etapa 2 de obra. Datos del mapa ©2020 Google, Maxar Technologies



Las operaciones aéreas se limitan a aeronaves hasta letra de clave C, en una pista de 2.000 metros de longitud. El acceso a la pista se realiza por el rodaje Bravo.

Dentro de esta etapa de obra se realiza la reconstrucción de pista, la rehabilitación de márgenes de pista, la instalación del nuevo balizamiento y la identificación de franjas.

En lo referido a las obras en calles de rodaje Alpha, Echo y Delta; y en plataformas Sur y Comercial, esta etapa implica la instalación del nuevo balizamiento en bordes e identificación de franjas.

En rodaje Alpha, el balizamiento involucra también al eje de la calle; para ello, debe corroborarse la instalación parcial ya existente, a los efectos de interferir lo menos posible el hormigón del eje.

Respecto a plataforma comercial, sólo se instalará el nuevo balizamiento en el borde sur de la misma.

El acceso vehicular a la obra se realiza por el camino perimetral bordeando la pista y cruzando por detrás de la cabecera 20. No se permite la circulación de vehículos de obra en las plataformas operativas. Deberá asegurarse en todo momento que el camino perimetral se encuentra en buen estado de mantenimiento y no genera polvodorante la circulación en el sector anterior a la cabecera 02 de la pista.

4.2.3 Etapa 3: reconstrucción de sector central de pista y obras en calle de rodaje Bravo y plataforma Comercial (con cierre temporal del aeropuerto)

Las obras proyectadas durante la etapa 3 requieren el cierre de operaciones de despegue y aterrizajes, debido a la imposibilidad de utilizar la pista. Se ejecutará la reconstrucción de pista en el tramo central desde la progresiva 700 hasta la 2.300, totalizando 1.600 metros de longitud de obra, y la readecuación del rodaje Bravo desde el borde de pista hasta el punto de su intersección con la plataforma Comercial. Además, se afectarán los bordes central y norte de dicha plataforma.

En lo referente a rodaje Bravo, se realizará la instalación del nuevo balizamiento de eje y bordes, y la identificación de franjas.

Respecto a plataforma Comercial, se colocarán las luces en sus bordes central y norte, así como en el tramo que une los ejes de rodajes Alpha y Bravo. Al finalizar el tendido eléctrico del tramo de eje en plataforma, se lo debe vincular con el eje de Alpha, pues se alimentarán desde el mismo circuito.

Figura 4.7 – Etapa 3 de obra. Datos del mapa ©2020 Google, Maxar Technologies



El acceso vehicular a la obra se realiza por el camino perimetral bordeando la pista y cruzando por detrás de la cabecera 20.

Al finalizar la etapa 3 se debe realizar la demarcación completa de todas las señales de zona de toma de contacto y puntos de visada de ambas cabeceras, así como el umbral definitivo de la cabecera 20.

4.3 Verificación giro de 180° en cabecera norte en Etapa 1

Como se describió en la sección 4.2.1 Etapa 1: desplazamiento de umbral norte de 1.00 metros, la operación de la pista durante la etapa de obra 1 requiere del viraje de 180° en la cabecera norte provisoria para las operaciones de despegue y aterrizaje por cabecera 20 y 02 respectivamente.

Según la RAAC 154 – Vol. I sección 154.221 inciso (f):

“El trazado de una plataforma de viraje en la pista será tal que, cuando el puesto de pilotaje de los aviones para los que está prevista permanezca sobre las señales de la plataforma de viraje, la distancia libre entre cualquier rueda del tren de aterrizaje del avión y el borde de la plataforma de viraje no será inferior a la indicada en la siguiente tabla:”

	OMGWS			
	Hasta 4,5 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9m (exclusive)	Desde 9 m hasta 15m (exclusive)
Distancia libre	1,50 m	2,25 m	3 m ^a o 4 m ^b	4 m

^aSi la plataforma de viraje está prevista para aviones con base de ruedas inferior a 18 m.

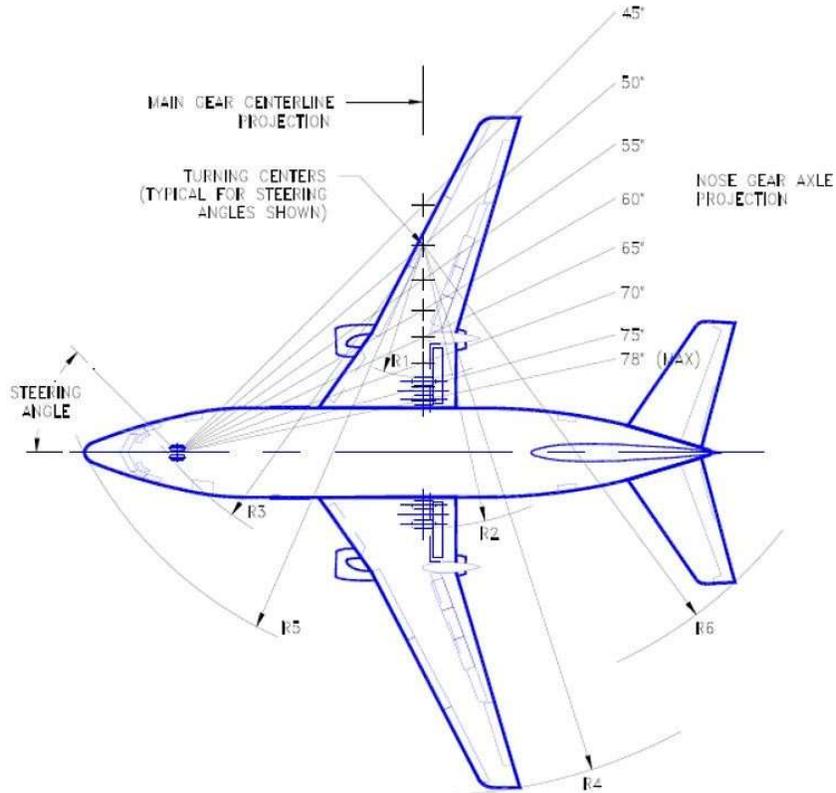
^bSi la plataforma de viraje está prevista para aviones con base de ruedas igual o superior a 18 m.

En la misma sección se indica como recomendación que el ángulo de intersección de la pista con la pista no debería ser superior a 30° y que el ángulo de guía del tren de proa que se utilizará en el diseño del viraje en la pista no debería ser superior a 45°.

Considerando que se trata de una etapa de obra de solamente 4 semanas aproximadamente, y teniendo en cuenta que las aeronaves están fabricadas para poder virar con ángulos de guía del tren de proa de hasta 70°, con el objetivo de evitar construir una plataforma de viraje de grandes dimensiones de uso temporal, se verificó el ancho de pavimento disponible para realizar el giro de 180° con un ángulo de nariz de 45° y en caso contrario se analiza el viraje con ángulos mayores.

Para determinar el ancho de pavimento necesario para el viraje se utilizan los manuales de las aeronaves para planificación de aeropuertos, en sus capítulos de *Maniobras terrestres (Ground Maneuvering)*, donde se muestran los radios de giro para distintos ángulos del tren de proa. En la siguiente figura se muestra como ejemplo el gráfico de los radios de giro del manual de la aeronave B737-800.

Figura 4.8 – Radios de giro. Airplane Characteristics for Airport Planning B737



Siendo R2 la distancia desde el borde exterior del tren principal de aterrizaje al centro de giro y R3 la distancia del borde exterior del tren de proa al centro de giro, se desprenden las siguientes dos exigencias de anchos de pavimento para giros de 180°:

1. Ancho de pista = 2 x (Margen de seguridad + R2)
2. Ancho de pista = Margen seguridad + R2 + R3 + Margen seguridad

En la siguiente tabla se muestra para cada aeronave el ángulo del tren de proa mínimo para poder realizar el viraje de 180° en la geometría disponible, y los correspondientes radios de giro y márgenes de seguridad.

Ta la 4.1 – Virajes de 180° en la geometría disponible

Aeronave	Ángulo	R2 [m]	R3 [m]	Margen de seguridad [m]	Ancho de pista requerido [m]
A320-200neo	45	17,6	18,5	3	42,1
B737-800W	50	16,7	20,7	3	43,4
B737-900W	55	15,5	21,2	3	42,7
E190	45	17,38	19,64	3	43,0

De este análisis surge que el ancho de pista disponible de 45 metros es suficiente para el giro de 180° de las aeronaves Clase C que operarán en el aeropuerto.

4.4 Transiciones

Entre las etapas 1 y 2 de obra deberá asegurarse la regularidad superficial del pavimento entre el pavimento de hormigón existente y el recrecido asfáltico recientemente ejecutado. Con tal fin se debe planificar la ejecución de una rampa de transición en el encuentro entre ambos pavimentos. Esta consideración de rampa de transición deberá tenerse en cuenta en cualquier otro caso en el que por algún motivo imprevisto o de fuerza mayor deba habilitarse la pista a la operación previo a la finalización de las tareas de obra de la etapa correspondiente.

En la pista estas rampas de transición no pueden ejecutarse en cumplimiento de las normas de diseño debido a las exigencias de quiebres y curvas verticales tan restrictivas. Por tal motivo, se admiten transiciones temporales de menor exigencia siempre y cuando se sigan ciertos lineamientos y recomendaciones.

El Manual de Diseño de Aeródromos (Doc. 9157 de OACI), en la Parte 3 – Pavimentos, en el Capítulo 8 incluye consideraciones respecto a la *Construcción de recrecimientos asfálticos*. Entre otros comentarios se describe la ejecución de rampas temporarias.

Las rampas temporarias deben estar distanciadas unas de otras como mínimo 150 metros, y en lo posible avanzar con el recrecimiento de un extremo a otro de la pista en la misma dirección que las operaciones predominantes de aeronaves, de modo que la mayoría de las aeronaves se encuentren en una pendiente de rampa descendente.

La construcción de la rampa es una de los puntos más importantes durante la obra, ya que una rampa demasiado pronunciada puede causar daños estructurales a las aeronaves o un mal funcionamiento de los instrumentos de la misma, en cambio, una rampa demasiado larga requiere un tiempo excesivo de construcción y puede generar otros perjuicios debido a una ejecución deficiente o de menor calidad que el resto del pavimento (por su carácter temporal).

La pendiente recomendada por OACI es de 0,8% a 1,0% respecto de la superficie del pavimento existente o la capa de recapado previamente ejecutado. La RAAC Parte 153 de la ANAC, en la *Subparte D Mantenimiento de Aeródromos*, incluye la sección 153.309 *Recubrimiento de los pavimentos de las pistas* donde se limita la pendiente de rampas provisionales a entre 0,5% y 1,0% para recubrimientos de hasta 5cm inclusive, y máximo 0,5% para recubrimientos mayores a 5cm.

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

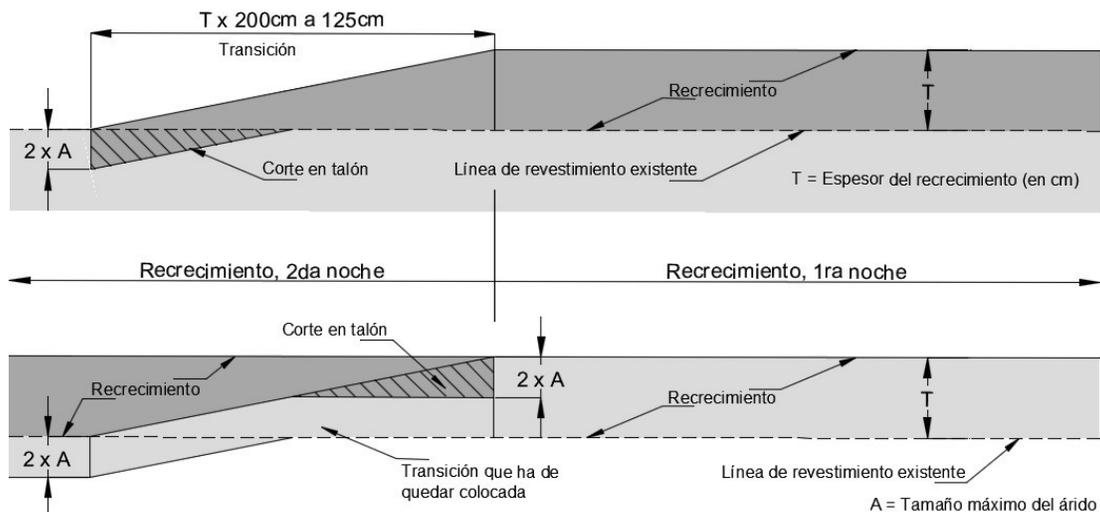
La repavimentación o recapado debería realizarse en todo el ancho de pista, para evitar desniveles transversales. Si por algún motivo no pudiera ser posible, por ejemplo, por condiciones meteorológicas adversas, se deberá identificar el nivel transversalmente con una pendiente máxima del 2%.

La ejecución se debe realizar garantizando en todo momento un recubrimiento mínimo de dos veces el tamaño máximo del agregado. Sin embargo, se recomienda garantizar al menos 5cm de recubrimiento. La rampa debe ejecutarse con un fresado previo de la superficie existente para poder materializar la capa de espesor mínimo e identificar el pavimento existente sin desniveles, como se muestra en la Figura 4.9.

En ningún caso debe colocarse debajo de la rampa una capa de interrupción del enlace para retiro fácil durante el próximo período de obra, ya que la experiencia indica que la operación de las aeronaves provocará que la capa se afloje causando la rotura subsiguiente del pavimento.

En el caso presente solo se prevé la ejecución de una única rampa de transición en el cambio de pavimento entre las etapas 1 y 2, quedando una pendiente ascendente en sentido sur-norte.

Figura 4.9 – Detalle de construcción temporaria de rampa de transición.
Fuente: OACI Doc. 9157 Parte 3 Figura 8-1



4.5 Consideraciones de seguridad operacional

4.5.1 Efecto del chorro de los reactores durante los despegues

Durante la operación de despegue se debe controlar el efecto del chorro de los reactores en las zonas previas al umbral de despegue. En este caso se presentan dos momentos temporales en los cuales existirán obras en la parte posterior a la zona de despegue, en coincidencia con cada etapa de obra con desplazamiento de umbral.

Para esta evaluación se considera la velocidad del viento provocado por los reactores durante la aplicación de la máxima potencia para el despegue. La intensidad de viento admisible se adopta

según recomendaciones de OACI en el “Manual de diseño de aeródromos”, Parte 2 “Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera”.

Se considerarán dos limitaciones:

- para personal y objetos sueltos como límite una velocidad de 56km/h;
- para vehículos u equipos de obra como límite una velocidad de 80 km/h.

Para las aeronaves que se prevé factible que operen en la pista durante las etapas de obra con pista reducida se ha analizado las gráficas de velocidad de viento para el chorro de los reactores. En las siguientes figuras se presentan las gráficas de envolventes de chorro de vientos durante el despegue para las distintas aeronaves, según surge de los manuales de planificación de aeropuertos provistos por los distintos fabricantes.

Figura 4.10 – B737 NG – TAKEOFF THRUST.

Fuente: BOEING – 737 Airplane Characteristics for Airport Planning, D6-58325-6, 2013

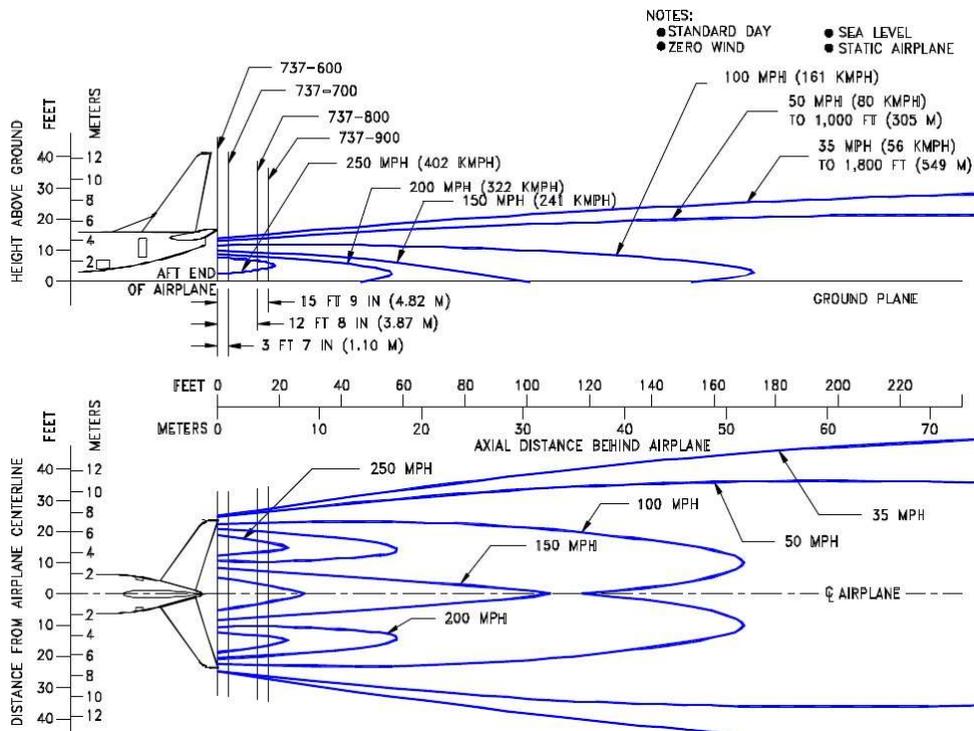


Figura 4.11 – A320 Takeoff Power -- CFM56 Series Engine.

Fuente: AIRBUS – A320 Aircraft Characteristics, Airport and Maintenance Planning, Revision No. 34

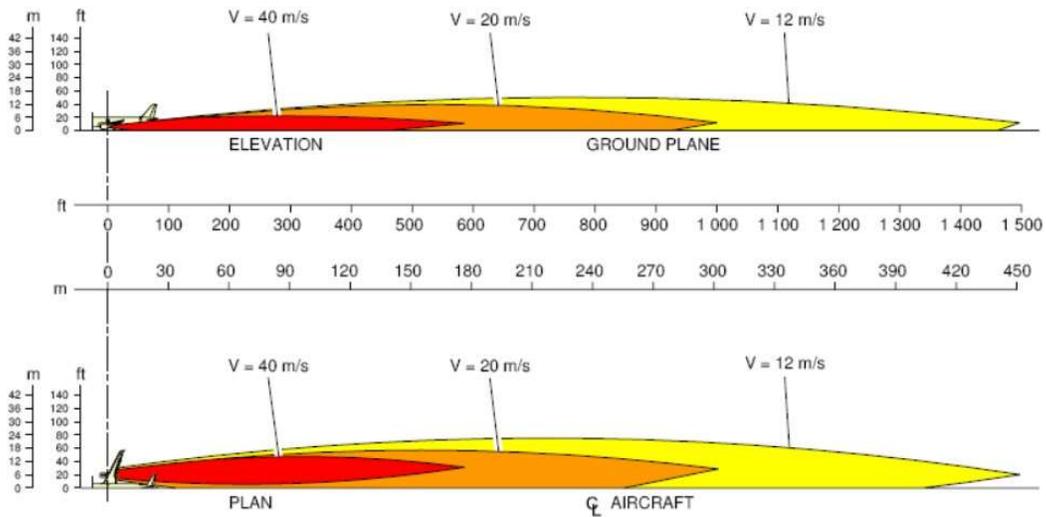
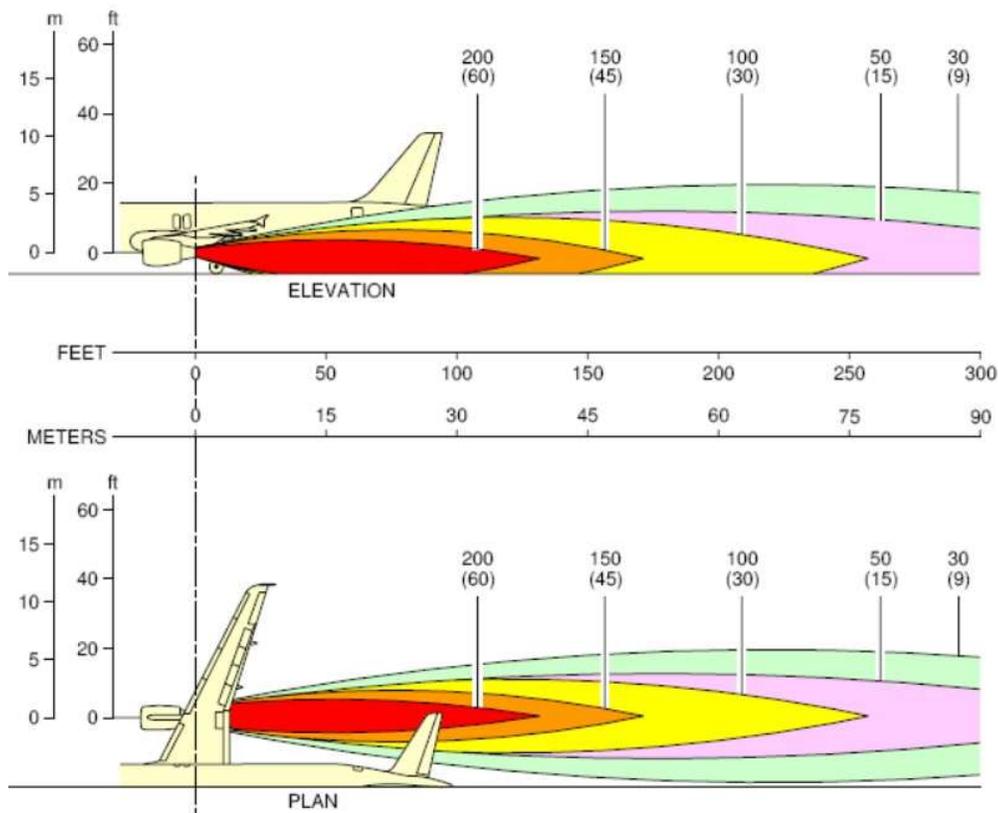


Figura 4.12 – A320 Takeoff Power -- IAE V2500 Series Engine.
Fuente: AIRBUS – A320 Aircraft Characteristics, Airport and Maintenance Planning, Revision No. 34

VELOCITY = ft/s (m/s)



En función a las aeronaves analizadas y considerando la distancia de 250 metros libre entre cabecera y zona de obra, se presentan dos situaciones:

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

- la envolvente de viento de 80 km/h se extienda hasta una distancia de 300 metros desde el umbral desplazado, extendiéndose 50 metros más allá de la zona libre de obstáculos;
- la envolvente de viento de 56km/h queda dentro de los 500 metros, extendiéndose 250 metros más allá de la zona libre de obstáculos.

Por tal motivo se debe separar las obras durante etapa 1 y 2 en tres zonas distintas:

- en los primeros 500 metros se puede trabajar sin limitaciones;
- entre los 500 metros y los 700 metros, si se realizan operaciones de despegue en dicha cabecera, solo podrá permanecer vehículos y equipos, debiendo retirarse el personal de la zona de obra hacia la franja;
- entre los 700 metros y los 750 metros, en la zona libre para movimiento de equipos, no podrán circular equipos durante las operaciones de despegue, debiendo retirar tanto el personal como los vehículos y equipos hacia la zona de franja o hacia el extremo opuesto de la pista.

4.5.2 Limitación de obstáculos en pista

Durante la operación de la pista se debe asegurar que no haya obstáculos u otros peligros que presente riesgo a las operaciones. La limitación de obstáculos se efectiviza mediante las superficies limitadoras de obstáculos (SLO) las cuales rodean a la franja de pista y, si existieran, las zonas libres de obstáculos (CWY) asociadas a la misma.

Por otro lado, la pista está protegida por una Zona Despejada de Obstáculos (OFZ) la cual la OACI² define como:

Espacio aéreo por encima de la superficie de aproximación interna, de las superficies de transición interna, de la superficie de aterrizaje interrumpido y de la parte de la franja limitada por esas superficies, no penetrada por ningún obstáculo fijo salvo uno de masa ligera montado sobre soportes frangibles necesario para fines de navegación aérea.

En el caso de obras en la zona de pista, las tareas afectarán tanto a la pista como a las zonas de seguridad adyacentes, y por tal motivo se debe controlar los equipos de trabajo y las afectaciones dentro de dichos sectores. Para dichas situaciones la OACI brinda ciertas orientaciones y recomendaciones en el Doc. 9137 "Manual de Servicios de Aeropuertos", Parte 6 "Limitación de Obstáculos", específicamente en el Capítulo 3 "Riesgos de Carácter Temporal". De allí podemos obtener la siguiente definición:

[...] "riesgo de carácter temporal" comprende las obras en vías de realización en los lados y extremos de la pista, motivadas por trabajos de construcción o de mantenimiento del aeropuerto. [...]

Por otro lado, las limitaciones aplicables se definen según la clave de pista, el tipo de procedimiento de aproximación y las condiciones del entorno (lluvia, viento, etc).

² OACI Anexo 14 Vol. I Diseño y operaciones de aeródromos, Capítulo 1.

En este caso se cuenta con una pista de clave 4, la cual podrá operar con procedimientos visuales (cuando cuente con desplazamientos de umbral) o procedimientos de instrumentales de precisión CAT I (cuando se realicen cierres horarios para obras en el sector central o los laterales de pista).

En las obras de pista se podrán presentar dos situaciones diversas: por un lado, se realizarán desplazamientos de umbral y se trabajará con cierres de determinados sectores, y por otro se podrá requerir trabajar con cierres horarios para tareas de canalizaciones para balizamiento en los laterales de la pista (en etapas distintas al cierre total de aeropuerto).

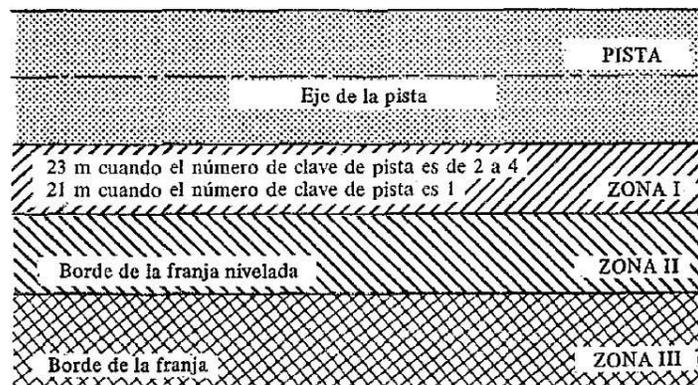
En el primer caso las obras se realizarán fuera de la pista en operación (la cual contará con una longitud reducida) y solo será necesario mantener una distancia de seguridad al umbral de pista desplazado según corresponda.

En el segundo caso las obras se realizarán en la misma pista y en los laterales de ella, en el tramo que no se haya podido trabajar con desplazamiento de umbrales. En este caso, las obras se realizarán en cierres horarios, pero deberá asegurarse ciertas condiciones en cada finalización de jornada previo a la habilitación de las obras. Por otro lado, en los laterales de pista las obras podrán realizarse en algunos sectores de la franja incluso con la pista en operación.

La Figura 4.13, extraída del Doc. 9137 de OACI, muestra la representación de tres zonas de franja con restricciones definidas, las cuales se explicarán a continuación.

Las descripciones realizadas a continuación valen tanto para operaciones visuales o instrumentales con las excepciones que se aclaren en cada punto. Para aproximaciones de precisión de CAT I, cuando se esté utilizando la pista, no debería permitirse la realización de trabajos dentro de la OFZ. El equipo y el personal afectados a estos trabajos deberían encontrarse fuera de la zona despejada de obstáculos. Más allá de eso, las restricciones relativas a la altura de los montones de tierra y escombros, son los mismos en todos los casos.

Figura 4.13 – Límites de zonas en franja para riesgos de carácter temporal.
Fuente: OACI Doc. 9137 Parte 6 Figura 3-1



4.5.2.1 Zona I

Esta zona abarca hasta 23 m a partir del borde de la pista. En esta zona es posible realizar obras

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

en sólo un lado de la pista, al mismo tiempo.

El área obstaculizada no debería exceder de 9 m², pero es posible permitir excepcionalmente que se abran zanjas estrechas hasta un máximo de 28 m². Toda obstaculización que se permita habría que limitarla en altura, para tener en cuenta las distancias de franqueamiento necesarias de las hélices y barquillas de los motores de las aeronaves que utilicen el aeropuerto, pero en ningún caso la altura debería exceder de 1 m por encima del terreno. Los motores de tierra y de escombros que puedan dañar las aeronaves o los motores, deben eliminarse. Las zanjas y demás excavaciones deberían rellenarse y compactarse, tan pronto como sea posible.

No deben existir instalaciones fijas ni vehículos en esta zona cuando está utilizándose la pista. Si hay algún equipo inmovilizado en esa zona hay que cerrar la pista.

4.5.2.2 Zona II

Esta zona se extiende desde el borde exterior de la Zona 1 hasta el borde de la franja nivelada, es decir, de los 45,5 metros del eje de pista hasta los 75 metros del eje de pista.

Las restricciones que hay que imponer dependen del tipo de operación que se realice de las condiciones meteorológicas.

Si la pista está seca y la componente transversal del viento no excede de 15 nudos, para pistas cuyo número de clave sea 4, se podrán autorizar las obras siguientes:

- i. Condiciones de vuelo visual:
 - 1) Áreas de construcción sin restricciones, cuando la longitud de la excavación y el material excavado que se halle paralelo a la pista se mantenga al mínimo. La altura total del material excavado no podrá superar los 2 m por encima del terreno.
 - 2) Todo el equipo de construcción será móvil y quedará por debajo de los límites de altura admisible.
 - 3) La pista podrá seguir utilizándose cuando en esta zona se halle inmovilizado algún equipo.
- ii. Condiciones de vuelo por instrumentos:
 - 1) Áreas de construcción sin restricciones, cuando la longitud de la excavación y el material excavado que se halle paralelo a la pista se mantenga al mínimo. La altura total del material excavado no podrá superar los 2 m por encima del terreno.
 - 2) Todo el equipo de construcción debe retirarse de la zona, alejándolo de la pista, cuando está la pista utilizándose.
 - 3) Si un equipo queda inmovilizado en esta zona, debería cerrarse la pista.

4.5.2.3 Zona III

Esta zona se aplica únicamente al caso de aproximaciones instrumentales, ya sea de no precisión o de precisión, utilizadas en condiciones de mala visibilidad y de baja base de nubes. Se extiende desde el borde de la franja nivelada hasta el borde de la franja que se requiere para

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

las aproximaciones frustradas, es decir, 150 m desde el eje de la pista.

En esta área las obras no están limitadas cuando las aproximaciones son de no precisión. Sin embargo, hay que hacer lo necesario para conseguir que las obras y los vehículos utilizados en éstas no dificulten el funcionamiento de las radioayudas para la navegación. Las zonas críticas para las radioayudas se describen en el documento OACI Anexo 10, Adjunto C.

4.5.2.4 Extremos de pista

En el caso de que se realicen obras en zonas contiguas a los extremos de pista, debería desplazarse el umbral, de modo que el obstáculo no quede dentro de la longitud de franja en servicio, ni sobresalga de las superficies de aproximación correspondientes. El mismo documento indica que en casos excepcionales, cuando la distancia de aterrizaje sea crítica, puede ser más seguro permitir esa intromisión cerca del extremo de la pista que desplazar el umbral.

Por tal motivo, deberá incluirse una zona libre de objetos antes del umbral de pista existente o desplazado, con el objetivo de limitar los obstáculos en la aproximación. Esta superficie protege a las aeronaves que se aproximan al aeropuerto para realizar un aterrizaje, asegurando que franqueen los posibles objetos con un margen de seguridad respecto a la pendiente de la senda de planeo durante la aproximación.

Para la pista de contingencia clave 4, la superficie de aproximación se desarrolla desde el extremo de la franja de cada umbral, con altura igual al umbral de pista, ascendiendo hacia el exterior de pista con una pendiente de 2,5%, en una longitud de 3.000 m y divergencia en planta de 10%.

Considerando una altura aproximada de equipos de obra de 5 metros, para la pendiente de aproximación de 2,5% se deberá mantener una distancia de 200 metros previo al inicio de la pista, medidos desde el borde de la franja (60 metros antes del umbral de pista).

Se considerará una distancia de 260 metros para demarcar el límite de obra mediante el cerco correspondiente, mientras que las obras de pavimentos deberán ejecutarse hasta una distancia de 300 metros del umbral, dejando los otros 50 metros como una zona de maniobras para los equipos.

Capítulo 5 ANÁLISIS DE ETAPABILIDAD

En el presente capítulo se describen y analizan las características presentes en cada etapa de la obra y los requisitos operacionales o de infraestructura para permitir la utilización de la pista sin inconvenientes ni problemas de seguridad operacional.

Se plantea la división de la obra en tres etapas principales: las dos primeras etapas corresponden a 700 metros de cada extremo de pista y se realizan con desplazamientos de umbral durante un período de un (1) mes para cada etapa (una de ellas, la segunda, involucra obras en rodajes y plataformas), mientras que la tercera etapa corresponde a la reconstrucción de los 1.600 metros centrales y al rebalanzamiento de rodaje Bravo y parte de plataforma Comercial, que se realiza con cierre de pista durante dos (2) meses.

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

Se realiza el análisis siguiendo el proceso de evaluación y mitigación de riesgos para determinar la factibilidad de operaciones de aeronaves en condiciones visuales o instrumentales según sea el caso. Las operaciones visuales parten de dos principios: “*ver y ser visto*” y “*ver y evitar*”. Esto está relacionado con los mínimos meteorológicos de operación en condiciones visuales (VMC por las siglas en inglés) en los cuales la distancia de visibilidad es suficiente para detectar obstáculos u otras aeronaves y evitar un impacto, existiendo estas condiciones de mínimos tanto para la situación de vuelo en ruta como para las operaciones de aproximación o despegue.

5.1 Estudios aeronáuticos

Se realizan y evalúan las condiciones de la pista teniendo en cuenta la operación usual del aeropuerto y las limitaciones o restricciones que se presenten durante la realización de las obras. Se identifican aquellos peligros que puedan representar un riesgo a la operación, se evalúan y definen las alternativas de mitigación de los mismos.

Teniendo en cuenta lo anterior se consideran las siguientes hipótesis para la pista en las etapas de obra 1 y 2:

- No deberá requerir capacitación o instrucción específica de los pilotos;
- Se limita la operación de aeronaves hasta clave de referencia 4C;
- Deberá operar en forma segura con asistencia de los controladores de tránsito;
- Deberá operar en forma segura con las notificaciones que sean necesarias en el AIP o los NOTAM que se emitan en su debido momento;
- Deberá operar en forma segura mediante operaciones visuales.

Se tiene en cuenta lo indicado en el Doc. 9137 Parte 6 Limitación de Obstáculos, en el Capítulo 3 “*Riesgos de carácter temporal*”, respecto a las excepciones posibles o las medidas de seguridad que se deben considerar durante las obras con pista operativa.

Capítulo 6 ANÁLISIS DE RIESGOS

En el presente capítulo se realizará el desarrollo del análisis de riesgos durante las etapas de obra. Se analizarán distintos aspectos de las obras que pueden constituirse en peligros para las operaciones.

6.1 Evaluación durante las etapas de cierres parciales de pista

6.1.1 Longitud de pista

Durante las etapas de obra 1 y 2 la longitud de pista se reduce a 2.000 metros. Durante estas etapas de obra se limita la operación de aeronaves hasta LC C. Esta limitación deberá ser consensuada entre el operador del aeropuerto, la ANAC y las aerolíneas.

La operación de aeronaves LC D o E requieren de longitudes de pista mayores para operar con máximos pesos de despegue y/o aterrizaje. La operación de estas aeronaves solamente es posible con una limitación en sus pesos operativos de despegue y aterrizaje. De requerirse la operación de estas aeronaves durante las etapas de obra 1 y 2 se evaluará los pesos de despegue y

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

aterrizaje admisibles para cada aeronave para la longitud de pista disponible.

6.1.2 Área de seguridad de extremo de pista

Los informes sobre accidentes/incidentes han indicado que las aeronaves que realizan aterrizajes y despegues demasiado cortos o largos sufren daños significativos.

La RESA tiene por finalidad principal reducir el riesgo de daño a un avión que realiza un aterrizaje demasiado corto o demasiado largo. Por lo tanto, una RESA debe permitir, en el caso de un aterrizaje demasiado largo, que el avión desacelere, y en el caso de un aterrizaje demasiado corto, que continúe su aterrizaje.³

En cumplimiento del Anexo 14 y la RAAC 154 inciso 225 para pistas de clave 4 debe proveerse un área de seguridad de extremo de pista de 90 metros de largo por el doble del ancho de pista (en este caso 90 metros de ancho total).

Como se ha indicado previamente, en el caso de obras en la zona de pista, las tareas afectarán tanto a la pista como a las zonas de seguridad adyacentes, y por tal motivo se debe controlar los equipos de trabajo y las afectaciones dentro de dichos sectores. Para dichas situaciones la OACI brinda ciertas orientaciones y recomendaciones en el Doc. 9137 “Manual de Servicios de Aeropuertos”, Parte 6 “Limitación de Obstáculos”, específicamente en el Capítulo 3 “Riesgos de Carácter Temporal”. En el caso de que se realicen obras en zonas contiguas a los extremos de pista, debería desplazarse el umbral, de modo que el obstáculo no quede dentro de la longitud de franja en servicio, ni sobresalga de las superficies de aproximación correspondientes. El mismo documento indica que en casos excepcionales, cuando la

6.1.2.1 Identificación del peligro

Durante las operaciones de aterrizaje o despegue frustrado la ausencia de RESA o la presencia de objetos y desniveles importantes en la prolongación del eje de pista son un peligro para las aeronaves que se aterrizan corto (undershot) o largo por problemas de frenado (por ejemplo, por superficie mojada, problemas en los frenos o reversores). Adicionalmente la falta de resistencia o desniveles en la RESA son un peligro, tal como en el caso de la zona nivelada de las franjas.

En este caso en algunas de las etapas de obra se deberá desplazar el umbral de pista y trabajar en los extremos de la nueva pista para realizar las obras de repavimentación y balizamiento previstas. Por tal motivo se estará realizando tareas de excavación, relleno y otro tipo de afectación a la superficie a continuación de la franja de pista reducida que pueden constituir un peligro si no se controlan.

6.1.2.2 Análisis y evaluación del riesgo

La ausencia de RESA, o desniveles en la misma, pueden ocasionar un daño para las aeronaves que se salen de pista por aterrizajes cortos o por dificultades en el frenado. Por otro lado, al igual que en las franjas niveladas, la falta de resistencia en el suelo de la RESA puede provocar el colapso del tren de nariz de la aeronave y posteriores daños de mayor envergadura.

³ Ver Doc. 9157 Parte 1 inciso 5.4.1 y Doc. 9981 incisos 3.1.

distancia de aterrizaje sea crítica, puede ser más seguro permitir esa intromisión cerca del extremo

de la pista que desplazar el umbral.

En los registros no se encontraron casos de excursión en los extremos de pista, pero vale destacar que la pista cuenta con una longitud completa respecto a lo previsto en ciertas etapas de obra donde se trabajará con desplazamientos de umbrales y una longitud de pista reducida a 2000 metros aproximadamente.

Más allá de lo anterior, si bien la probabilidad de despistes es muy baja, la gravedad del riesgo para las personas es alta.

Probabilidad	Gravedad	Índice de Riesgo
Remoto	Catastrófico	3A Intolerable

6.1.2.3 Medidas de mitigación

Teniendo en cuenta la definición de las medidas de mitigación y la evaluación del riesgo respecto a aeronaves que realizan excursiones más allá del extremo de pista, las medidas de mitigación se limitan en la posibilidad de evitar la exposición al peligro, mediante la declaración de una RESA para las pistas de longitud reducida, considerando por lo menos la dimensión mínima recomendada por la normativa vigente de 90 metros de largo por el doble del ancho de pista (en este caso 90 metros de ancho total) para pistas clave 4.

Probabilidad	Gravedad	Índice de Riesgo
Excepcional	Catastrófico	1A Tolerable

6.1.2.4 Conclusiones

Se deberá considerar la inclusión de una zona de RESA previo al desplazamiento de umbral de las etapas de obra que lo requieran.

6.1.3 Superficie de aproximación

Para la pista de contingencia clave 4, la superficie de aproximación se desarrolla desde el extremo de la franja de cada umbral, con altura igual al umbral de pista, ascendiendo hacia el exterior de pista con una pendiente de 2,5%, en una longitud de 3.000 m y divergencia en planta de 10%.

Esta superficie protege a las aeronaves que se aproximan al aeropuerto para realizar un aterrizaje, asegurando que franqueen los posibles objetos con un margen de seguridad respecto a la pendiente de la senda de planeo durante la aproximación.

Como se ha indicado previamente, en el caso de obras en la zona de pista, las tareas afectarán tanto a la pista como a las zonas de seguridad adyacentes, y por tal motivo se debe controlar los equipos de trabajo y las afectaciones dentro de dichos sectores. Para dichas situaciones la OACI brinda ciertas orientaciones y recomendaciones en el Doc. 9137 "Manual de Servicios de Aeropuertos", Parte 6 "Limitación de Obstáculos", específicamente en el Capítulo 3 "Riesgos de

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

Carácter Temporal”. En el caso de que se realicen obras en zonas contiguas a los extremos de pista, debería desplazarse el umbral, de modo que el obstáculo no quede dentro de la longitud de franja en servicio, ni sobresalga de las superficies de aproximación correspondientes. El mismo documento indica que en casos excepcionales, cuando la distancia de aterrizaje sea crítica, puede ser más seguro permitir esa intromisión cerca del extremo de la pista que desplazar el umbral.

Por tal motivo, deberá incluirse una zona libre de objetos antes del umbral de pista existente o desplazado, con el objetivo de limitar los obstáculos en la aproximación. Considerando una altura aproximada de equipos de obra de 5 metros, para la pendiente de aproximación de 2,5% se deberá mantener una distancia de 200 metros previo al inicio de la pista, medidos desde el borde de la franja (60 metros antes del umbral de pista).

Se considerará una distancia de 260 metros para demarcar el límite de obra mediante el cerco correspondiente, mientras que las obras de pavimentos deberán ejecutarse hasta una distancia de 300 metros del umbral, dejando los otros 50 metros como una zona de maniobras para los equipos.

6.1.4 Superficie de ascenso en el despegue

La superficie de ascenso se desarrolla desde una distancia de 60 metros en el extremo de pista, con altura igual al punto más alto en la prolongación del eje de pista y ancho mínimo de 180 metros, ascendiendo hacia el exterior de pista con una pendiente de 2,0%, en una longitud de 15.000 m y divergencia en planta de 12,5% con ancho final de 1.200 metros.

Esta superficie protege a las aeronaves que despegan, durante el ascenso, asegurando que franqueen los posibles objetos con un margen de seguridad respecto a la pendiente de ascenso y la derrota esperable respecto al eje de pista.

En este caso el Doc. 9137 de OACI no incluye comentarios, limitando la descripción de los extremos de pista a las superficies de aproximación. Sin embargo, es ciertamente importante considerar las afectaciones a la superficie de ascenso.

Si bien en este caso la pendiente de la superficie de ascenso en despegue es levemente menor que la superficie de aproximación, los aterrizajes se realizan en un vector recto durante la aproximación mientras que los despegues suelen realizarse con salidas hacia un lateral. A su vez, las operaciones de despegue guardan una distancia de 10,5 metros sobre el extremo de pista en el caso más desfavorable de una aeronave que presente una falla en el motor durante el despegue (y deban despegar por llevar una velocidad mayor a la V1). Por tal motivo la distancia libre de obstáculos para el despegue de 250 metros (considerando una altura de equipos de 5m), y de 310 metros libre de obras (60 metros de franja), se considera suficiente para proveer una distancia segura a las operaciones.

6.2 Estudio de las operaciones aeronáuticas

Como se explicó anteriormente, la pista se rehabilitará por etapas, teniendo en ocasiones su longitud reducida, mediante desplazamientos de umbral, y en otra etapa cierre total. Por tal motivo, es importa establecer en forma unívoca cuándo la pista está operativa y con qué distancias se cuenta (en forma de distancias declaradas temporales, por ejemplo). A continuación, se analizará algunas consideraciones operativas del tráfico, más allá de las características físicas del aeródromo evaluadas anteriormente.

6.2.1 Aproximaciones y ayudas visuales

Durante la aproximación final es fundamental el reconocimiento de la pista, lo cual puede realizarse mediante ayudas visuales o ayudas electrónicas. En este aeropuerto para las etapas de obra 1 y 2 para operar en condiciones visuales las ayudas visuales deben ser unívocas.

6.2.1.1 Identificación del peligro

La falta de claridad o definición respecto a las pistas operativas o cerradas es un peligro tanto para operaciones de aterrizaje como despegue. De la misma forma, la señalización deficiente o errónea de pistas puede llevar a una mala interpretación de la misma.

6.2.1.2 Análisis y evaluación del riesgo

Durante las operaciones de aproximación un error humano puede llevar a una aeronave aterrizar en una pista cerrada o fuera de operación. Por lo tanto, la operación de aterrizaje de aeronaves en una pista cerrada puede provocar que la misma impacte contra otra aeronave, equipos u otros obstáculos que se encuentren en la pista que no está en operación.

Con respecto al balizamiento podría encenderse o apagarse los circuitos sin dificultad para indicar que una pista está activa o no. Sin embargo, en el caso de las señales pintadas se debe tener especial consideración al señalamiento visual de la pista de manera de evitar la percepción de la misma como pista de aterrizaje en condiciones de uso. Por otro lado, el balizamiento no puede indicar la presencia de un umbral desplazado sin requerir modificaciones de los circuitos que lo componen.

Probabilidad	Gravedad	Índice de Riesgo
Remoto	Catastrófico	3A Intolerable

6.2.1.3 Medidas de mitigación

Por lo tanto, de acuerdo con la evaluación del riesgo respecto a la aproximación a una pista no operativa o con limitaciones temporales, las medidas de mitigación consisten en evitar la exposición al peligro, evitar la aparición del peligro potencial y reducir el riesgo operacional. En tal sentido se resume en modificar o readecuar el señalamiento diurno y el balizamiento para evitar confusiones en los pilotos. Adicionalmente se deberá reducir la exposición al riesgo, con medidas de mitigación que prevean la aparición del peligro, utilizando controles administrativos mediante el reporte en forma correcta de los cierres de pista o la modificación de las distancias declaradas de la misma en forma temporal, con la emisión de los NOTAM correspondientes con la suficiente antelación.

Probabilidad	Gravedad	Índice de Riesgo
Excepcional	Catastrófico	1A Aceptable

6.2.1.4 Conclusiones

Se deberá contar con un manual de procedimientos para la habilitación del cambio de operación entre cada etapa de obra, y la debida notificación a todo el personal. A su vez es conveniente realizar el repintado de la señalización y el bypass del balizamiento de borde, umbral y fin de pista considerando los grandes períodos de tiempo en que se contará con desplazamientos de umbral, para minimizar los posibles errores humanos del piloto.

Por otra parte, el personal a cargo del control de tránsito aéreo, aproximación y circulación en tierra deberá estar perfectamente capacitado en la situación operacional de la pista durante las distintas etapas de obra.

6.2.2 Incursiones

Las incursiones en pista son unos de los incidentes más usuales dentro de los aeródromos, aunque no siempre son de gravedad e implican daños, en general ocasionan demoras por operaciones frustradas. Pueden ser desde vehículos del propio operador o autoridad aeronáutica que se encuentren haciendo recorridas hasta aeronaves que no respeten o soliciten autorizaciones de ocupación o cruce de pistas.

6.2.2.1 Identificación del peligro

Los peligros corresponden a la incursión de vehículos de obra durante las tareas de rehabilitación, en aquellos sectores de pista o rodajes activos.

6.2.2.2 Análisis y evaluación del riesgo

Durante las operaciones de obra el personal puede ingresar a la pista o rodajes en operación, por falta de coordinación con el controlador o por confusión respecto a los límites de intervención o los caminos de acceso, y generar un accidente con las aeronaves que están operando.

6.2.2.3 Medidas de mitigación

Teniendo en cuenta la definición de las medidas de mitigación y la evaluación del riesgo respecto a la incursión en pista durante las tareas de obra, a continuación se describen las medidas de mitigación:

- diseñar el señalamiento de los límites de obra en forma clara;
- diseñar los accesos a la obra para todos los vehículos y equipos;
- capacitar al personal de obra respecto a los sectores restringidos y las vías de circulación habilitadas;

Probabilidad	Gravedad	Índice de Riesgo
Improbable	Catastrófico	2A Tolerable

6.2.2.4 Conclusiones

Se debe realizar una correcta planificación de la circulación de todos los tipos de vehículos y equipos requeridos para las tareas de obra, en forma tal que se minimice la circulación por las zonas activas del área de maniobras. El diseño deberá ser lo más simple posible y estar perfectamente señalizado en el lugar, así como se deberá capacitar a todo el personal de obra para que tengan conocimiento de las vías habilitadas de circulación.

Se deberá contar con un manual de procedimientos para la habilitación del cambio de operación entre cada etapa de obra, y la debida notificación a todo el personal. También realizar las publicaciones de NOTAM de cierre y habilitación de pistas con la suficiente anticipación.

Será fundamental que el personal a cargo del control de tránsito aéreo, aproximación y circulación en tierra esté perfectamente al tanto de las tareas que se llevan a cabo y que pueda detectar las incursiones de vehículos en el área operativa.

6.2.3 Contaminación y FOD de vehículos de obra en áreas operativas

La presente obra requerirá de una importante movilización de vehículos de obra desde el obrador hasta las distintas cabeceras de la pista, transportando suelo, áridos, concreto asfáltico y hormigón entre otras cosas. Durante la etapa de obra de la cabecera 02, el recorrido más cercano entre dicha cabecera y el obrador es a través de la plataforma comercial.

6.2.3.1 Identificación del peligro

Los peligros corresponden a la contaminación con tierra, polvo y FOD en la plataforma comercial, así como un exceso de tráfico en las calles de servicio.

6.2.3.2 Análisis y evaluación del riesgo

La circulación de vehículos de obra por las calles de servicio de la plataforma comercial afecta negativamente al movimiento de los vehículos de rampa, deja tierra sobre el pavimento, desprenden polvo y liberan FOD a la plataforma. Este peligro es de carácter muy frecuente y muy difícil de mitigar.

Probabilidad	Gravedad	Índice de Riesgo
Frecuente	Importante	5C Intolerable

6.2.3.3 Medidas de mitigación

Teniendo en cuenta la enorme dificultad de evitar el desprendimiento de polvo, tierra y FOD por parte de los vehículos de obra, se propone que la calle de servicio de la plataforma comercial no sea utilizada por vehículos de obra. El acceso vehicular a la obra en la cabecera 02 deberá realizarse únicamente por el camino perimetral bordeando la pista y cruzando por detrás de la cabecera 20. No se permite la circulación de vehículos de obra en las plataformas

operativas.

6.2.3.4 Conclusiones

Se prohíbe la circulación de vehículos de obra a través de las calles de servicio de la plataforma comercial. La necesidad de utilizar el camino perimetral requiere de un correcto mantenimiento del mismo durante la obra.

6.3 Conclusiones del análisis de riesgos

Los peligros identificados y los riesgos asociados en general son solucionables y no atentan contra la factibilidad técnica de realizar las obras de rehabilitación de pista por etapas, siempre y cuando se consideren las restricciones o métodos de trabajo indicados. En particular, la zona libre de obstáculos de 250 metros previos al umbral se constituye como la principal consideración para la definición de las etapas de obra, y por otro lado las limitaciones de circulación de vehículos de obra en las plataformas operativas.

Si bien no se incluyó en el análisis anterior, por no ser un problema específico de las aeronaves, la zona libre de obstáculos prevista cumple una doble función ya que, al alejar las obras y los equipos del inicio de pista, permite controlar el riesgo de efectos del chorro de las turbinas sobre las personas, equipos e incluso posibles materiales sueltos que puedan constituirse en proyectiles.

Se deberá contar con un manual de procedimientos para la habilitación del cambio de operación entre la pista existente y las pistas previstas de longitud reducida por desplazamientos de umbral. Dicho manual deberá considerar entre otras cosas los cambios en la señalización pintada y el balizamiento, así como los equipos instrumentales de ayudas a la navegación. Respecto a la señalización provisoria, la cual será parte del Proyecto Ejecutivo a presentar, en las etapas de obra se incluirá el umbral desplazado y los puntos de visada para mayor claridad. Por otro lado, deberá realizarse la debida notificación a todo el personal y las publicaciones de NOTAM de cierre y habilitación de pistas con la suficiente anticipación.

Será fundamental que el personal a cargo del control de tránsito aéreo, aproximación y circulación en tierra esté perfectamente capacitado en la existencia de las tareas de obra y los procedimientos diseñados para cada caso.

Finalmente, las incursiones en pista deberán ser controladas mediante procedimientos diseñados *ad hoc* con el objetivo de minimizar las probabilidades de errores humanos del personal de obra.

6.4 Medidas de mitigación

Teniendo en cuenta los comentarios anteriores del análisis de riesgos, a continuación, se resumen las medidas de mitigación recomendadas:

- Durante toda la obra:
 - mantener equipos con la señalización correspondiente (incluyendo buena iluminación durante los períodos nocturnos);
 - modificar o readecuar el señalamiento diurno y el balizamiento para evitar confusiones

“1983/2023 – 40 AÑOS DE DEMOCRACIA”

en los pilotos;

- diseñar el señalamiento de los límites de obra en forma clara;
 - diseñar los accesos a la obra para todos los vehículos y equipos;
 - capacitar al personal de obra respecto a los sectores restringidos y las vías de circulación habilitadas;
 - realizar capacitaciones del personal para que estén al tanto de los requisitos de cada tarea y cumplan con lo planificado previamente;
 - antes de comenzar las tareas diarias realizar reuniones de obra con todo el personal tanto del contratista como del aeropuerto para coordinar las tareas del día;
 - llevar a cabo inspecciones luego de cada jornada de trabajo y previo a la habilitación de la pista a las operaciones;
 - aplicar los procedimientos del Manual SMS del aeropuerto.
 - reporte en forma correcta de las tareas de obra prevista, con la emisión de los NOTAM correspondientes con la suficiente antelación;
 - mantener al personal de tráfico aéreo informado de las tareas, de forma tal que puedan realizar los avisos a los pilotos como una medida de refuerzo respecto a la notificación mediante NOTAM.
- Con la pista operativa:
 - diseñar las tareas de obra para minimizar el impacto de los equipos sobre la superficie de transición;
 - evitar las tareas cercanas a los límites de la franja en condiciones de mal clima o baja visibilidad;
 - planificar las tareas en cada zona para asegurar que las obras cumplen con las limitaciones recomendadas por la OACI y expuestas anteriormente para cada zona de franja;
 - evitar la acumulación de material resultante de excavaciones o demoliciones que no va a ser utilizado posteriormente en el mismo sector, y llevarlo en el momento a los acopios que correspondan fuera de la franja de pista.

Adicionalmente se deben tener las siguientes consideraciones respecto a las tareas de obra en las etapas de umbral desplazado (Etapas 1 y 2):

- entre los 500 metros y los 700 metros, si se realizan operaciones de despegue en dicha cabecera, solo podrá permanecer vehículos y equipos, debiendo retirarse el personal de la zona de obra hacia la franja;
- entre los 700 metros y los 750 metros, en la zona libre para movimiento de equipos, no podrán circular equipos durante las operaciones de despegue, debiendo retirar tanto el personal como los vehículos y equipos hacia la zona de franja o hacia el extremo opuesto de la pista.